

# ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

**УДК 621.658.562**

**В.А. Полетаев, И.В.Кулак**

## ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Значимость проблемы повышения качества определяется ее активным воздействием на все основные факторы, от которых зависит экономический рост и эффективность производства.

Качество машин как совокупность свойств промышленной продукции закладывается в процессе научных изысканий, конструкторских и технологических разработок, создается в процессе производства, но реализуется лишь в процессе эксплуатации. Таким образом, качество машин формируется на всех стадиях жизненного цикла.

При традиционной методологии создания изделия этапы жизненного цикла выполняются

в естественной последовательности, на каждом из которых решаются автономные слабо-взаимосвязанные задачи – конструкторские, технологические и экономические.

Узким местом оказывается и заключительный этап, связанный с изготовлением и тестированием опытных образцов и макетов. Изготовление физического макета начинается только после завершения этапов проектирования и подготовки производства. В результате тестирования опытного образца могут обнаружиться ошибки и недочеты, которые были допущены на ранних этапах разработки. Исправляя такие ошибки, приходится возвращаться назад, на

предыдущие этапы жизненного цикла. Это затрудняет процесс управления качеством машин при ее создании, приводит к большим временным, трудовым и материальным затратам.

Устранение этих недостатков возможно только при использовании комплексной методологии управления качеством, учитывающей взаимосвязь и взаимовлияние этапов проектирования, изготовления и эксплуатации. Функциональная схема решения данной проблемы представлена на (рис. 1).

При ее частичном использовании можно решать задачи выбора оптимальных конструктивных параметров изделия или оптимальные технологические процессы или оценивать поведение изделия в период эксплуатации. Использование имитационной модели позволяет получить количественную оценку конструктивных, технологических и эксплуатационных решений. Процесс проектирования нового изделия сопровождается имитационным моделированием, что позволяет проводить тестирование параллельно с разработкой и тем самым своевременно обнаружить и исправить возможные ошибки.

Рассмотрение процесса управления качеством продукции предполагает существование двух основных множеств  $Q$  и  $W$ , где  $Q$  – множество свойств, готовой, проектируемой или находящейся в эксплуатации продукции;  $W$  – совокупность факторов, оказывающих существенное влияние на параметры

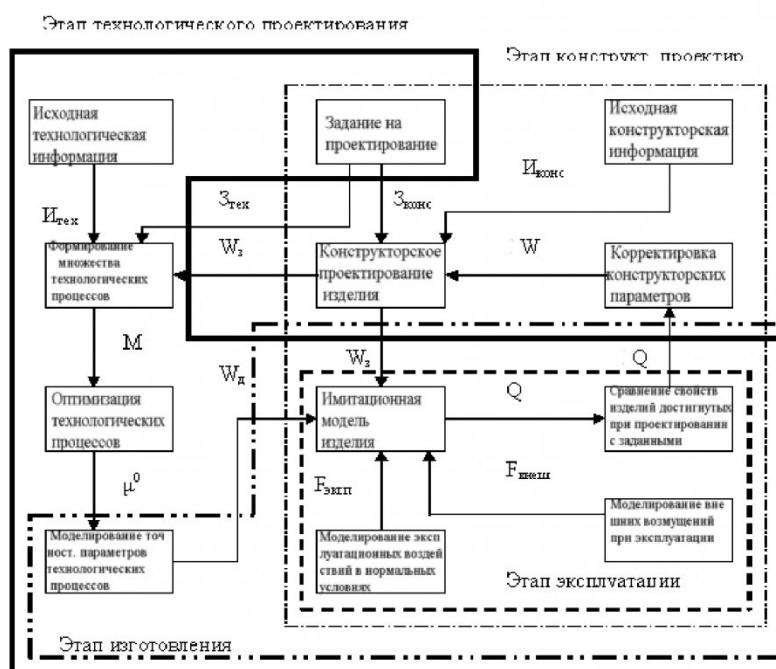


Рис. 1. Функциональная схема системы управления качеством на этапах проектирования и изготовления

качества продукции;  $W_3$  и  $W_0$  – соответственно, множества заданные при проектировании изделия и достигнутые при моделировании спроектированного  $\mu_i^0$  технологического процесса.

Целью разработки системы управления является обеспечение заданной точности выходных энергетических показателей АД при минимальных затратах на изготовление и эксплуатацию (рис. 2).

Иерархическая структура системы представляет собой совокупность элементов и связей между ними и представлена в виде графа:

$$G = |V, E|,$$

где  $V$  – множество вершин графа;  $E$  – множество ребер графа.

Вершины графа  $V_i^k \in V$  изображают подсистемы и соответствуют рассматриваемым переменным, где  $k$  – номер уровня,  $i$  – номер подсистемы данного уровня.

Ребра графа  $e_i \in E$  соответствуют связям между под-

системами.

Система содержит:

- вышестоящую управляющую систему  $V^0$ , которая представляет собой совокупность нормативно-технических документов, регламентирующих показателей качества;
- подсистему  $V_i^1$  первого уровня, которая представляет собой номинальные значения и допуски выходных энергетических показателей;
- подсистему  $V_k^1$  –  $i$ -уровней, соответствующая номинальным значениям и допускам функциональных параметров.

Формализация исходной информации о структуре системы осуществляется с помощью матриц смежности и инцидентности[1].

Процесс функционирования системы рассматривается на языке теории множеств, что позволяет независимо от природы процессов, происходящих в отдельных подсистемах, представить проблему обеспечения точности при проектировании взрывобезопасных АД как еди-

ное целое.

Для формального описания системы управления качеством функционирования необходимо установить связи между подсистемами всех уровней.

Установление связи точностя функциональных параметров с точностью выходных энергетических показателей (подсистема второго уровня) осуществляется с использованием теории точности и энергетических соотношений в АД.

Теоретические и экспериментальные исследования, проведенные в работе [2], позволяют разработать модель описания процессов функционирования отдельных подсистем, а также процессов их взаимодействия, исходя из решения поставленных перед системой задач и математическую модель функционирования как отдельных подсистем, так и систем в целом.

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований:

- выполнена оптимизация функциональных параметров и параметров точности деталей и

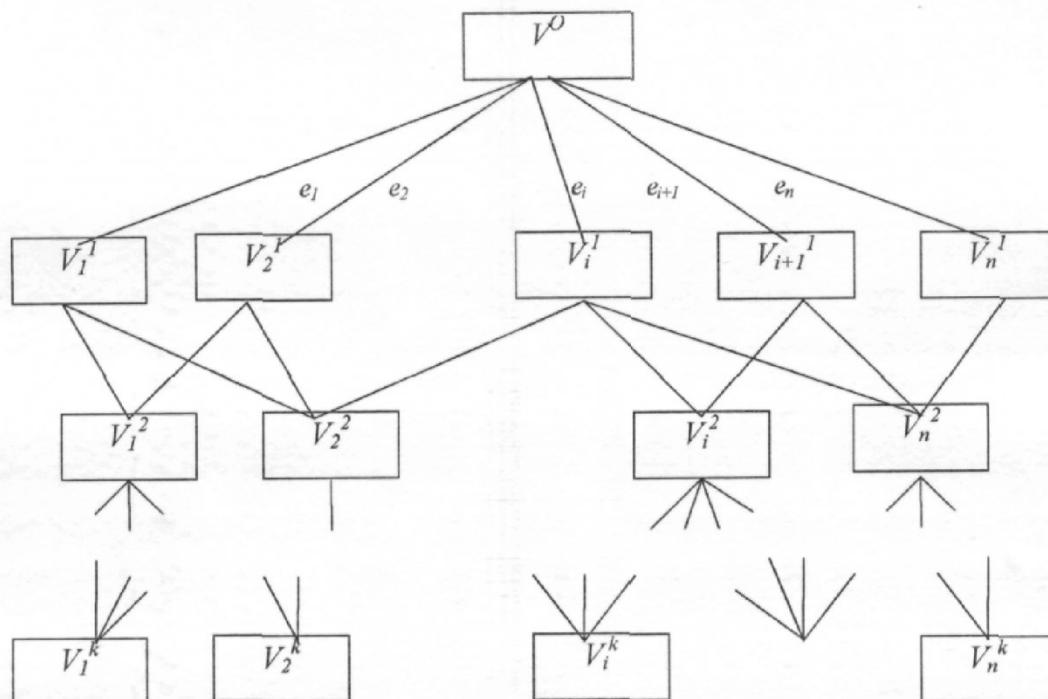


Рис. 2. Иерархическая структура системы управления качества

сборочных единиц АД. Разработана оптимальная система допусков и посадок АД;

- осуществлена автоматизация проектирования оптимальных ТП;
- разработан комплекс автоматизированных систем управления ТП для обеспечения заданных при проектировании показателей качества;
- разработана система технологических методов обеспечения заданных показателей качества.

Анализ опыта лидеров мировой промышленности показывает, что наши исследования идут в том же направлении, что и работа передовых стран в области управления процессов создания продукции.

Эти работы базируются на использовании мощных интегрированных систем CAD/CAM/CAE, методологии параллельного проектирования и использования CALS-технологий[3,4], то есть с использованием технологий создания, поддержки и применения единого информационного пространства на всех этапах от проектирования до эксплуатации (рис. 3). По сути CALS-технологии – это стратегия, направленная на создание и развитие новейших методов проектирования, производства и эксплуатации продукции. Эта стратегия включает три основных компонента: программно-техническое обеспечение; стандарты на представление и обмен информацией; новые структуры и методы управления предприятием, при которых весь документооборот осуществляется в едином электронном пространстве.

Программно-техническая среда обеспечивает автоматизированную поддержку этапов разработки, включая проектирование, инженерный анализ и подготовку к производству. Каждому из этапов соответствует свой набор функциональных моделей. Модели обеспечены общим интерфейсом и базой данных, в которой хранится

полное описание проектируемого изделия.

Программно-техническая среда включает:

- системы автоматизированного проектирования (CAD), инженерного анализа и расчетов (CAE) и технологической подготовки производства (САМ);
- системы автоматизированной разработки эксплуатационной документации (Electronic Technical Publication Development — ETPD);
- системы управления данными об изделиях (Product Data Management — PDM);
- системы управления проектами и программами (Project Management - PM);
- автоматизированные системы управления производственно-хозяйственной деятельности предприятия (MRP/ERP).

Данная методология использует имитационную модель в виде виртуального макета (цифровое представление изделия и его свойств) позволяющее оценить работоспособность

конструкции в целом [1,5].

Виртуальный макет формируется по данным главной модели – информационной базе данных, содержащей полное описание проектируемого изделия.

Программное обеспечение виртуального макетирования, основанное на современных технологиях виртуальной реальности, позволяет заменить физический прототип изделия его виртуальным аналогом и в процессе компьютерного анализа решать те задачи, для выполнения которых раньше требовалась натурные испытания.

Виртуальный прототип создается сразу после выработки основных требований к изделию и формирования его концептуальной модели.

Далее при детализации информационной базы модифицируется и виртуальный прототип. Таким образом, процесс проектирования нового изделия сопровождается имитационным моделированием (виртуальным макетированием), что позволяет проводить тестирование парал-

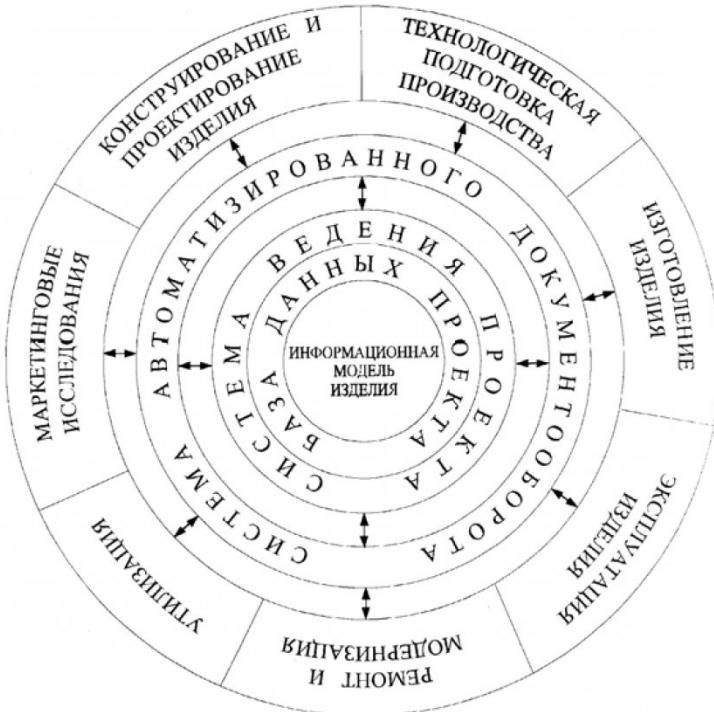


Рис. 3. Основные компоненты формирования единого информационного пространства на этапах жизненного цикла изделия

лько с разработкой и тем самым своевременно обнаруживать и исправлять возможные ошибки (рис. 4). Еще на этапе концептуального проектирования использование виртуального макета позволяет провести анализ альтернативных подходов и выбрать наиболее верное решение.

При конструировании виртуальное макетирование помогает оценить внешнюю форму частей, ихстыковку и согласовать друг с другом в рамках единого изделия.

Применение виртуальных макетов повышает наглядность и упрощает процесс управления проектированием изделий в распределенной среде корпоративной сети. В рамках подготовки производства средства виртуального моделирования позволяют в реальном времени проконтролировать все технологические этапы изготовления изделия.

Новые возможности обеспечивают параллельную работу специалистов различных профилей с имитационной моделью (электронным прототипом) и позволяют сэкономить время и материальные ресурсы [6].

Второй составляющей стратегии CALS-технологий являются стандарты на представле-

ние изделий объектов проектирования, позволяющие использовать эти данные во время всего жизненного цикла изделия. [7] Многие страны, начиная с 90-х годов, в рамках соответствующего комитета ИСО ТК 184 ведут работы по созданию таких стандартов. Ключевыми стандартами CALS-технологий являются: ISO 10303 (STEP), ISO 13584 Parts Library (сокращенно P-Lib), ISO 14959 Parametrics, ISO 15531 Manufacturing management data (Mandate), ISO 18876 Integration of industrial data for exchange, access, and sharing (ITO-EAS), ISO 8879 Standard Generalized Markup Language (SGML).

В России работы по внедрению и стандартизации CALS-технологий находятся на начальном этапе.

Учитывая сложность задачи, Госстандарт России создал на базе Всероссийского научно-исследовательского института стандартизации (ВНИИстандарт) рабочую группу из специалистов институтов Госстандarta России и представителей заинтересованных министерств, ведомств и организаций для отражения их практических интересов.

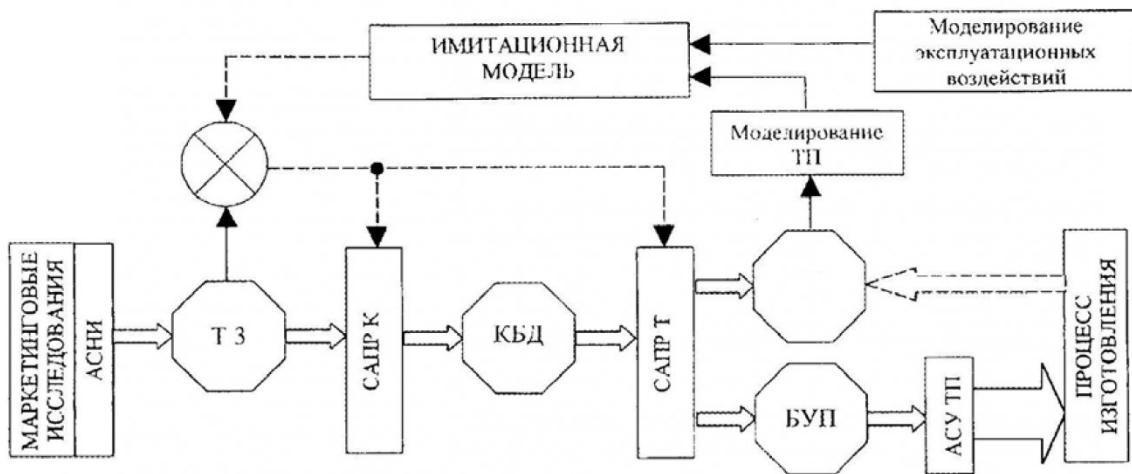
В состав рабочей группы вошли представители Минобо-

роны, Минпромнауки, Минэкономразвития, Российской академии наук, ФУГК «Рособоронэкспорт», Минатома, Авиационного промышленного совета по CALS, НТЦ «ИНТЕГРО-Д», НИЦ CALS-технологии «Прикладная логистика», ГУ Федерального центра каталогизации.

В настоящее время специалистами ВНИИстандарт с участием НИЦ CALS-технологии «Прикладная логистика» и НТЦ «Интегро-Д» выполнен комплекс работ по развитию нормативного обеспечения применения CALS-технологий в стране. В том числе разработаны и утверждены первые шесть ГОСТ Р по CALS-технологиям, гармонизированные с международными стандартами серии ИСО 10303 (части 1, 11, 12, 21, 41, 45).

Процесс внедрения CALS-технологий на предприятии должен привести к созданию единого информационного пространства.

Одним из первых этапов этого процесса может быть разработка на предприятии системы автоматизированного документооборота. Такая система строится на сетевой структуре управления данными и включает совокупность утвержденных форм документов, правила дос-



СКВОЗНОЙ БЕЗБУМАЖНЫЙ ПОТОК КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

*Рис. 4. Структурная схема интегрированной информационной системы обеспечения качества изделий: ТЗ – техническое задание; КБД – конструкторский банк данных; ТБД – технологический банк данных; БУП – банк управляющих программ*

тупа к ним, порядок и пути перемещения документов и обеспечивающие программно-технические средства. Фактически такие системы должны стать стандартами предприятия на документооборот в единой электронной информационной среде.

Внедрение системы управления проектом на основе стандарта на систему автоматизированного документооборота и база данных проекта является важным шагом в формировании единого информационного пространства предприятия.

На начальном этапе развития CALS-технологии были ориентированы на производственные и постпроизводственные процессы и лишь впоследствии это понятие стало охва-

тывать весь жизненный цикл изделия.

Следовательно, процессы подготовки производства и само производство послужили базой для развития этой технологии.

Первым шагом этого этапа является подготовка в процессе конструирования информации для автоматизированных систем технологической подготовки производства (ТПП), так как ручной ввод этой информации сводит практически к нулю эффект применения подобных систем [5]. Вторым шагом этого этапа является описание процесса производства в стандартах и форматах, воспринимаемых международными системами сертификации. Следующий шаг в разработке системы ТПП – это обеспечение информационного

обмена с организационно-экономическими системами комплексного управления предприятием и осуществление информационного обмена между участвующими в проекте предприятиями через глобальные сети ЭВМ с использованием различных каналов телекоммуникаций.

Опыт применения информационных технологий с использованием имитационных моделей КузГТУ в электротехнической промышленности позволил сократить временные и трудовые затраты при проектировании и запуске в производство асинхронных взрывозащищенных электродвигателей и значительно повысить их качество.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полетаев В.А. Повышение качества машин при проектировании и изготовлении. // Вестн.КузГТУ. – 1997. №1
2. Полетаев В.А. Повышение уровня качества машин при проектировании и изготовлении (на примере взрывозащищенных асинхронных двигателей): Диссертация доктора техн. наук, – М., 1995.
3. Дмитриев В.И. О развитии CALS-технологий в России // Автоматизация проектирования, 1996. - № 1. – С. 22-24.
4. Книшев В.Е., Книшев В.В. Реинжиниринг процесс проектирования и производства // Автоматизация проектирования, 1996. - № 1. – С. 25-31.
5. Карташева Е. Виртуальная реальность и САПР // Открытые системы, 1997. - № 6.
6. Попов Н.Е., Попов А.М. Интеграция конструкторского и технологического проектирования на основе концепции CONCURRENT ENGINEERING // Вестник машиностроения, 1998. - № 4. – С. 41-44.
7. Норенков И.П., Кузьмик П.К. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.

□ Авторы статьи:

Полетаев

Кулак

Вадим Алексеевич

Илья Валерьевич

- докт.техн.наук, проф. каф. информационных и автоматизированных производственных систем

- аспирант каф. информационных и автоматизированных производственных систем

УДК 621.787: 621.91

**В.Ю. Блюменштейн, М.С. Махалов**

## ОЧАГ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ РАЗМЕРНОМ СОВМЕЩЕННОМ ОБКАТЫВАНИИ КАК ОСНОВА ФИЗИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ И РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МЕХАНИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАСЛЕДОВАНИЯ

Известно, что надежность и долговечность деталей машин в существенной мере определяется качеством поверхностного слоя (ПС). Качество ПС деталей машин формируется на протя-

жении всего технологического процесса; при этом важной задачей является управление качеством ПС и, следовательно, долговечностью детали.

Одним из путей решения

этой задачи является применение комбинированных и совмещенных методов обработки и в частности метода размерного совмещенного обкатывания (PCO) [1].